La Biblioteca di Atlantide

Quaderni di letteratura grigia

SERGIO FUMICH
(a cura di)

LA SCIENZA NEL MONDO ANTICO

DALLA PREISTORIA ALLE CIVILTÀ PREELLENICHE

Ca' "La Gatera"
2006

L'antica età della pietra

Il primo e fondamentale elemento, che differenzia gli esseri umani dagli animali, è che gli uomini si costituiscono in società, con una data cultura materiale, che pone sempre nuove mete alle facoltà fisiche dell'uomo.

Nel suo evolversi dagli antropoidi, l'uomo primitivo ereditò i requisiti somatici e mentali per *vedere*, *afferrare* e *porgere* gli oggetti; ebbe, inoltre, sin dall'inizio, la facoltà assolutamente eccezionale di *apprendere*, scaturita da un modo di vita più *generalizzato* rispetto ai grandi mammiferi con attitudini speciali. La combinazione della facoltà manuale-visuale con quella di apprendere rese possibile l'impiego di arnesi: prima la pietra o il ramo raccolti per caso, poi una pietra o un ramo scelti o modellati allo scopo.

Fino a quando, però, i progressi furono opera di singoli individui, benché molto dotati, non si potè ancora pervenire ad una umanità compiuta. E infatti, perché un arnese possa servire realmente ad essere perfezionato, occorre che la sua fabbricazione e il suo impiego vengano *insegnati* e *appresi*; occorre, cioè l'*uniformità* operata dalla *tradizione*.

Le prime società umane, a differenza delle orde animali, poterono disporre di metodi più avanzati per raccogliere piante commestibili e per difendersi, migliori di quelli di cui si valevano gli individui isolati, ma soprattutto poterono conservare e trasmettere alle successive generazioni questi metodi sotto forma di tradizione.

I metodi che assicurarono alle società umane la loro superiorità dipesero in gran parte dall'impiego di *arnesi* materiali per raccogliere, trasportare e preparare gli alimenti, nonché da un rapido mezzo di comunicazione che garantisce la cooperazione tra gli uomini, il *linguaggio*.

Gli arnesi sono in sostanza un prolungamento delle membra umane: il pugno e i denti sono prolungati dalla pietra, le braccia dal bastone, la mano e la bocca dal cesto o dal secchio. Un tipo del tutto nuovo di prolungamento si ha con il lancio di oggetti: la pietra scagliata contro un bersaglio. Con essi l'uomo poté dominare l'ambiente circostante in modo più ampio e generalizzato degli animali più riccamente dotati di denti o corna.

Se gli arnesi segnarono l'inizio del progresso tecnico umano, ad esso si schiusero orizzonti illimitati quando nacque l'*utensile*. L'utensile, inteso come strumento per fabbricare altri arnesi, permise di produrre una maggiore varietà di tipi di strumenti in confronto a quelli che potevano essere direttamente selezionati o strappati alla natura. Con la fabbricazione e l'impiego degli utensili, l'uomo apprese le proprietà meccaniche di vari prodotti naturali, ponendo così le basi della *fisica*. L'impiego di utensili rese non solo molto più efficace la caccia, ma fornì i mezzi per lavorare materiali più duttili: legno, osso e pelli.

Il linguaggio dei gesti e la parola, oltre a render più efficace l'impiego degli arnesi, garantì la continuità della società e la trasmissione della cultura alle generazioni successive.

Il linguaggio è esso stesso un mezzo di produzione, forse il primo. L'azione comune di vari individui, in una battuta di caccia nella quale ci si vale soltanto delle mani o di semplici bastoni e pietre, è possibile

unicamente con l'uso di *gesti* e *parole*. Forse ciò accadde assai prima che l'uomo si costruisse gli strumenti adatti.

Il linguaggio primitivo dovette consistere nelle espressioni connesse con la ricerca degli alimenti, con i movimenti del corpo, con la fabbricazione e l'uso degli arnesi. Il linguaggio dovette essere, fin dalle origini, quasi del tutto arbitrario e convenzionale. In ogni comunità il significato dei suoni venne accolto e fissato dalla tradizione in una lingua capace di abbracciare la totalità della vita materiale e sociale.

Gli oggetti e le situazioni cui il linguaggio si riferisce, sono sempre assai più complessi dei suoni usati per descriverli. E quindi le parole sono di necessità *simboli astratti* e generalizzati. Essi si limitano soltanto a significare una data azione convenzionale. Nell'elaborazione stessa del linguaggio, le società umane furono costrette a generalizzare, a significare con un solo termine cose diverse, a valersi di simboli verbali e abbreviazioni. L'elaborazione di questi simboli nel cervello è l'*immaginazione* visuale diretta costituiscono il *pensiero* dell'uomo. Le *formule* e le *teorie* scientifiche non sono altro che lo sviluppo naturale consapevole del processo di elaborazione del linguaggio.

Fabbricando e impiegando utensili elementari, l'uomo cominciò a esplicare sulla natura la propria volontà cosciente. Fu questa l'origine della *meccanica*, come acquisizione delle leggi che presiedono all'impiego pratico della leva, dell'arco, del boomerang, della bola. Così, pur senza conoscere il meccanismo interno della natura, l'uomo riuscì a valersi per i propri fini di una parte del mondo circostante, nel quale esisteva qualche segno di regolarità. All'uomo bastava sapere che cosa potesse aspettarsi dalla

natura, senza influire sulle cose, e prendere ciò che essa gli offriva. Si ebbero così le scienze *osservative* e *descrittive* che permisero all'uomo di cacciare e raccogliere le piante nella stagione adatta. L'uomo tentò di esercitare il suo potere anche con altri mezzi, dapprima con la magia, più tardi con la religione, per estendere il suo dominio diretto sulla natura e ampliare ciò che la natura gli offriva.

Comunque, gli interessi dell'uomo primitivo furono circoscritti e pratici: consistettero nel soddisfare le necessità della vita (con cibi, animali e piante), nel ricercare le materie prime per gli utensili e per l'equipaggiamento, nell'accumulare alcune altre conoscenze, come quelle sui corpi celesti e sui caratteri del paesaggio, che vennero messe in rapporto con l'abbondanza dei prodotti. L'area del razionale, pur essendo molto esigua, comprendeva una larga parte degli interessi dell'uomo primitivo. Con lo sviluppo della società, l'area della scienza si è venuta estendendo, ma in pari misura, se non maggiore, s'è ampliato il campo degli interessi umani.

Già alla fine dell'antica età della pietra, l'archeologia ci mostra l'uomo fornito di una ricca varietà di mezzi tecnici: capanne, cesti, vasi, indumenti di pelliccia, canoe, aghi, fiocine. La vita di questi popoli era incentrata nella caccia, e l'equipaggiamento tecnico dei cacciatori era fatto con i resti degli animali uccisi. Su questa base economica vennero risolti i principali problemi meccanici e tecnici di lavorazione dei materiali.

Particolare importanza ebbero nella storia della scienza i progressi meccanici compiuti nella caccia. La lancia, la fiocina, il boomerang, la fionda, la bola, la cui azione dipende da complessi moti dinamici e aerodinamici nello spazio, furono un progresso della

semplice arte di scagliar pietre e bastoni.

Più elaborata e più suscettibile di sviluppi fu la basilare invenzione dell'arco, che avvenne, presumibilmente, nell'ultimo scorcio dell'antica età della pietra. L'arco costituisce la prima forma di sfruttamento, per opera dell'uomo, di energia meccanica immagazzinata. L'arco fu una delle prime *macchine* usate dall'uomo, sebbene le trappole di vario tipo facenti uso di principi simili possono essere precedenti all'arco. Esso dovette render più efficace la caccia, e il suo impiego si diffuse, a quanto sembra, con eccezionale rapidità in tutto il mondo.

L'interesse che l'arco offre alla storia delle scienze è di tre ordini. Lo studio del volo della freccia fece progredire la *dinamica*. Il trapano ad arco, sostituendo l'azione delle mani (e lasciandone una libera) nel far ruotare un bastoncino a sfregamento o un succhiello, fu un primo esempio di moto *rotatorio* controllato. Il suono tipico della corda dell'arco fu forse all'origine degli strumenti a corda e diede quindi un contributo sia alla *scienza* che alla *musica*.

L'altro modo, forse più antico, di produrre suoni musicali fu quello degli strumenti a fiato, fra i quali il corno e lo zufolo risalgono all'antica età della pietra. L'uomo primitivo sapeva bene, per propria esperienza, che l'aria e il vento sono materiali. La *pneumatica* prese avvio dal respiro umano, che poteva esser usato e controllato soffiando o aspirando in ossa o canne vuote. L'aria veniva immagazzinata in vesciche per aiutare la canoa a stare a galla oppure veniva compressa ed espulsa con forza da un mantice per alimentare il fuoco. Di essa ci si poteva valere nella caccia con le *cerbottane* o nel produrre il fuoco con *pompe ad aria*. Il moto di un pistone libero o controllato in un cilindro è il prototipo del cannone e della mac-

china a vapore.

La tecnica paleolitica era del tutto adeguata ai suoi fini, che consistevano nel cacciare un esiguo numero di specie animali su un territorio limitato e soprattutto di pianura. Col venir meno delle condizioni che avevano determinato una certa abbondanza di selvaggina, a causa dei mutamenti climatici o per l'eccessivo intensificarsi della caccia, le mandrie si assottigliarono e i membri delle tribù furono costretti a trasferirsi in regioni più ricche di selvaggina o a trasformare la loro civiltà di cacciatori in una civiltà assai più complessa. Verso la fine dell'era glaciale, la caccia cessò di essere il tipo più avanzato di civiltà, e le sue conquiste tecniche e sociali, pur non andando smarrite, divennero solo un settore della più ricca e progredita civiltà, nata dall'introduzione dell'agricoltura.

Il neolitico e l'età del bronzo

Circa diecimila anni fa, le antiche civiltà fluviali dell'Egitto, della Mesopotamia, dell'India e della Cina, nel procurarsi i mezzi di sussistenza, intrapresero una rivoluzione che trasformò in seguito radicalmente il modo materiale e sociale di vita dell'uomo.

Ciò avvenne anzitutto, anche se non esclusivamente, per effetto della crisi dell'economia della caccia. Le difficoltà a cui gli uomini dovettero far fronte in quel tempo, li costrinsero a ricercare nuovi tipi di alimenti, nonché a ritornare a tipi vecchi e disprezzati, come le radici e i semi di piante selvatiche. Da questa ricerca scaturì l'invenzione dell'agricoltura, che fu, insieme all'impiego del *fuoco* e della *forza meccanica*, uno dei tre più alti momenti creativi della storia umana.

Come tutti i grandi rivolgimenti, anche questo non si esaurì in un singolo atto, ma fu il progressivo accumularsi di invenzioni fra loro connesse e tutte rivolte verso un risultato essenziale: la coltivazione di cereali. In sé, questo rivolgimento segnò il trapasso della società dal passivo sfruttamento dell'ambiente al suo controllo attivo, primo passo verso un'economia produttiva integrale.

La coltivazione del grano ebbe forse inizio, senza violente fratture, in qualche regione molto ricca, dove il grano selvatico cresceva in tale quantità da esser raccolto dalle donne, e conservato in recipienti nelle colonie permanenti. In seguito, tra popolazioni stabil-

mente insediate in una località, si diffusero in notevole quantità le sementi. L'*introduzione* dell'agricoltura dovette consistere forse nella semplice presa di coscienza di questo fenomeno accidentale, che giustificò la pratica di seminare il grano col *sacrificio deliberato* di una parte del vitto, per ottenerne di più col successivo raccolto. Questo implicò una certa stabilità di insediamento, determinata dalla scarsezza delle pianure nelle zone forestali o dei terreni irrigui nei deserti. L'agricoltura ebbe origine, con ogni probabilità, intorno alla foce alluvionale dei torrenti montani, al limite di pianure desertiche, che divennero il naturale rifugio sia della selvaggina che degli uomini, quando la pianura cominciò a soffrire sempre più della siccità.

L'agricoltura creò un rapporto sostanzialmente nuovo tra l'uomo e la natura. L'uomo smise di vivere da parassita sull'ambiente vegetale e animale quando diventò capace di produrre, in una zona circoscritta, la stessa quantità di cibo che in passato poteva ottenere con la caccia e la raccolta su un territorio molto più vasto. Con l'agricoltura egli cominciò a *controllare* la natura circostante, individuando le leggi della riproduzione e acquistando un'autonomia ben più ampia rispetto alle condizioni ambientali.

Di fronte a tutti gli altri rivolgimenti prodottisi nell'antica età della pietra, essa segnò una forma nuova di progresso, conducendo a un tipo si società qualitativamente diverso, a causa dell'eccezionale incremento quantitativo degli uomini a cui uno stesso pezzo di terra poteva assicurare un sostentamento. La caccia era stata praticata senza interruzioni, l'agricoltura invece dipendeva dalle stagioni; e quindi, nelle stagioni morte, la popolazione poteva dedicarsi ad altri lavori; essa assicurò pertanto all'uomo nuove

possibilità e pose in pari tempo nuovi problemi.

L'agricoltura richiese tutta una serie di nuove tecniche nella coltivazione dei cereali e nella loro cottura: semina, dissodamento, battitura, immagazzinamento, macinazione, panificazione e fermentazione. Ricevettero inoltre nuovo impulso tutte le vecchie tecniche: la tessitura, resa possibile dalla disponibilità di lana e fibre tessili; l'arte di cuocer la terra e di costruir capanne, divenute possibili e indispensabili per la stabilità degli insediamenti. La costruzione di capanne si era già avuta nell'antica età della pietra, ma soltanto nelle zone ricche di selvaggina, che consentivano lunghi soggiorni; essa divenne universale nelle comunità agricole. Tutto cooperava a creare un ritmo nuovo nell'evoluzione della civiltà: esistevano ormai i bisogni e i mezzi materiali, la tirannia delle vecchie usanze cedeva il posto a nuove condizioni.

L'agricoltura introdusse nella vita sociale un concetto nuovo, il concetto di *lavoro*. Nelle comunità fondate sulla caccia il lavoro non era considerato come qualcosa di distinto dagli altri aspetti della vita. Ogni azione era strettamente connessa con le sue conseguenze: si cacciava per procurarsi il cibo, che veniva consumato dallo stesso cacciatore, in un breve periodo di tempo. Con l'agricoltura si ebbe invece un lungo intervallo fra l'azione ed i suoi effetti: inoltre molte operazioni erano in sé noiose, faticose e mancavano del carattere avventuroso della caccia. Gli alimenti erano adesso più sicuri, ma non si poteva più prender parte a grandi battute di caccia e a grandi feste. La transizione dalla caccia all'agricoltura rimase quindi nelle nostre leggende come la "caduta dell'uomo". L'uomo aveva lasciato per sempre il "paradiso terrestre", "l'Eden", cioè i vati e ricchi terreni di caccia, per procurarsi il pane col sudore della fronte.

Il rapporto indiretto tra il lavoro e il suo compenso, introdotto dall'agricoltura, estese la nozione di causa ed effetto, nozione basilare per una scienza razionale e cosciente. L'uomo cominciò, per esempio, a osservare di proposito il ciclo vitale degli animali e delle piante; cercò di accertare come nascevano e come crescevano, e non si limitò a sapere come cacciarli o come raccoglierle. Analogamente, le nuove tecniche introdussero nuovi concetti matematici e meccanici. La *tessitura* fu chiaramente uno sviluppo della fabbricazione dei cesti; ma queste attività implicavano entrambe quella regolarità che, come pratica concreta e come pensiero, era a base della *geometria* e dell'*aritmetica*. Nella tessitura il *disegno* del *modello* e il *numero* dei fili erano di natura geometrica, e permettevano di cogliere più a fondo il nesso tra *forma* e *numero*.

La *filatura* (se non si tiene conto del trapano ad arco) implicò per prima la *rotazione* e condusse, presumibilmente, all'impiego della ruota, che avrebbe in seguito rivoluzionato la meccanica, l'industria e i trasporti.

L'arte della *ceramica* fu, d'altra parte, la prima applicazione indiretta del fuoco e ne richiese un controllo ben più ampio che non l'illuminazione, il riscaldamento o la semplice cottura degli alimenti. L'impiego dei vasi di terracotta permise infine di estendere la gamma delle operazioni di cottura e rese possibili, in seguito, la fusione dei metalli e la chimica.

L'epoca che corre fra l'introduzione dell'agricoltura e la fondazione della città è nota in genere come nuova età della pietra o età neolitica. Questo nome derivò dall'impiego di utensili di pietra lavorati e levigati al posto dei rozzi arnesi paleolitici. Nei centri del-

la civiltà più antica, questo periodo si protrasse dall'8000 al 3000 a.C.

L'unità economica e culturale propria dell'età paleolitica fu il *villaggio*. Molti secoli furono necessari perché si elaborasse l'insieme delle operazioni tecniche ed economiche confluenti in un villaggio, capace di assicurare la propria autonomia pratica sul suo territorio. L'economia di villaggio fu tuttavia molto circoscritta nei suoi fini e nelle sue prospettive di sviluppo. Anche quando comprese migliaia di uomini, fu sempre fondata quasi esclusivamente sull'agricoltura e sulla produzione di beni, fabbricati e consumati localmente. L'autosufficienza del villaggio neolitico favorì la sua diffusione, ma ne ostacolò lo sviluppo.

Un grande passo in avanti fu compiuto quando gli uomini tentarono di praticare l'agricoltura nelle vallate alluvionali dei grandi fiumi. Quest'attività si iniziò probabilmente lungo le sponde più basse del fiume, dove si poteva seminare nel fango, come tuttora fanno le tribù dell'Alto Nilo; in seguito, a poco a poco, vennero circoscritti e abbandonati i terreni paludosi, e furono bonificati i corsi d'acqua. Furono creati nuovi corsi d'acqua e regolati i vecchi: ne derivò un tipo nuovo di agricoltura, fondato dapprima sull'irrigazione naturale, e poi su quella artificiale. Il villaggio cessò allora di essere una unità economica naturale; le piene non rispettavano i suoi confini; gli argini e i canali dovevano esser costruiti con l'apporto di numerosi villaggi; l'acqua doveva essere equamente ripartita. Quando questa collaborazione, che coinvolse talora molti villaggi, fu realizzata o imposta, si notò che il rendimento della terra di ciascun villaggio era aumentato. Si ebbe così un incremento della produzione di alimenti, che consentì a un più gran

numero di uomini di vivere nello stesso territorio, e si determinò un mutamento qualitativo nell'organizzazione sociale.

È naturale supporre che la *civiltà* sia sorta dalla città (*civitas*), da cui prese il nome, ma la città fu più l'effetto che non la causa. Essa differiva dal villaggio perché i suoi abitanti non erano produttori di cibo ricavato dalla terra, ma amministratori, artigiani, mercanti e operai. Prima che si fondasse la città, la tecnica dell'agricoltura dovette essere perfezionata al punto da sostentare con i prodotti agricoli gli abitanti della città.

In origine, la città non fu molto diversa dal villaggio: consisteva in un nucleo di capanne, ognuna delle quali aveva una corte per gli animali, la dimora della famiglia, con i componenti delle varie generazioni, i servi e gli schiavi. Col crescere della popolazione, sorsero nuove capanne, spesso appoggiate a un muro: furono queste le prime vere case. Al mattone e alla creta si giunse quando il pericolo di dar fuoco alle capanne di legno si aggravò.Tutta la città si imperniava intorno al *tempio*, o grande edificio, dove governava un dio, assistito dai suoi sacerdoti.

L'introduzione dell'agricoltura nelle valli fluviali fu il fattore economico determinante per la nascita delle città. Il principale progresso tecnico fu la scoperta e l'impiego dei *metalli*, in particolare del *rame* e del *bronzo*.

L'importanza dei metalli per la tecnica e la scienza, che in seguito fu enorme, non fu tale agli inizi. Il termine "metallo" deriva da una radice greca che significa "cercare": è implicita qui l'originaria difficoltà di trovarne. Dapprima i metalli furono tanto rari che vennero usati solo per gli articoli di lusso. L'agricol-

tura e i mestieri artigiani furono praticati secondo le tecniche dell'età della pietra.

I metalli, ad eccezione dell'oro e in parte del rame, non si trovano allo stato naturale: la loro estrazione e lavorazione richiede una lunga esperienza e una ponderata sperimentazione. Il primo impulso può esser venuto dall'interesse del primitivo, anche nell'antica età della pietra, per tutto ciò che aveva forme strane e colori vivaci. Era naturale che i pezzi di minerali metallici attirassero la sua attenzione; si ritrovano infatti nelle collane e in altri monili. I metalli vennero usati per la fabbricazione di utensili solo in un secondo tempo.

Il primo metallo usato fu l'oro, forse per la facilità di ritrovarlo allo stato puro. Le pepite aurifere, a differenza delle selci scheggiate usate per gli attrezzi, erano assai duttili, e da esse si sviluppò una tecnica di lavorazione dei metalli molto prima di poter estrarre i metalli dal minerale. Anche le pepite di rame, benché più piccole e meno decorative, potevano essere trasformate in utensili. Si scoprì poi che era più agevole martellare e modellare il metallo dopo averlo riscaldato. Dall'associazione dei metalli con la tecnica del fuoco scaturì tutto il resto: riduzione del minerale di rame, fusione e stampaggio del metallo prodotto. Queste operazioni richiedevano temperature più alte di quelle che si potevano ottenere col fuoco normale, ed è pertanto da supporre che furono associate con la fabbricazione di vasi smaltati da effettuare in un forno con un buon tiraggio.

La produzione di arnesi e utensili di metallo fu un altro progresso tecnico che caratterizzò il mutamento qualitativo operatosi nel controllo dell'ambiente circostante da parte dell'uomo. Gli utensili metallici erano più resistenti e valevano di più degli arnesi

di pietra; le armi metalliche erano ben più efficaci di quelle di pietra, sia contro gli animali che contro gli uomini. I recipienti metallici erano più resistenti al fuoco.

D'altro canto, i metalli rimasero per secoli molto costosi. I minerali di rame si trovavano in località remote e inaccessibili, lo stesso si dica per lo stagno. Pure, questi minerali erano indispensabili per il *bronzo* che, con il suo basso punto di fusione, rendeva facile lo *stampaggio*. Il bronzo era molto più duro del rame, e il suo impiego rese il metallo superiore alla pietra sia per gli utensili che per le armi. I metalli e i loro minerali dovevano essere trasportati per lunghi tragitti sicché l'alto costo dei trasporti primitivi contribuì ad accrescerne il prezzo nelle città. Di conseguenza essi vennero usati, in un primo tempo, per ornare il tempio, per le stoviglie della tavola reale, per gli utensili degli artigiani e infine, quando la guerra diventò più frequente, per le armi.

La tecnica di fabbricazione dei metalli e l'impiego di utensili metallici ebbero ampie ripercussioni su tutte le altre tecniche e sulla conoscenza delle proprietà fisiche e chimiche della materia. L'uomo fabbricò, in un primo tempo, fogli e fili di metallo, martellando e tendendo l'impasto metallico; lo stampaggio, la saldatura e la ribattitura si svilupparono in seguito con straordinaria rapidità.

Il valore degli utensili e delle armi di metallo non consisteva soltanto nella loro resistenza. Un utensile metallico aveva una sezione molto più sottile di qualunque selce levigata, e con esso era quindi possibile tagliare e non solo spezzare o rompere. L'impiego di utensili metallici, in particolare del *coltello*, del *cesello* e della *sega* trasformò la lavorazione del legno e favorì l'esecuzione, su vasta scala, di lavori di *fale-*

gnameria e di *carpenteria*. Il metallo permise la costruzione delle prime macchine, soprattutto dei carri a ruote e delle ruote ad acqua. Anche nell'agricoltura, la zappa a trazione animale, o aratro, diventò pienamente efficace solo quando il *vomere*, di metallo, sostituì la pietra.

Le invenzioni meccaniche della civiltà primitiva avrebbero avuto effetti immediati ed effetti a lunga scadenza. L'esistenza stessa delle prime città dipese dalla capacità di organizzare i trasporti delle materie prime: nelle città era necessario rifornire migliaia di persone con i prodotti della campagna; nelle città era necessario scambiare merci con altre città; i metalli, il legname e la pietra provenivano da foreste e da montagne molto lontane. Si ebbero così nei mezzi di trasporto grandi miglioramenti e innovazioni radicali, che avrebbero sortito conseguenze incalcolabili per la civiltà, e soprattutto per il progresso della scienza.

Lo sviluppo delle prime civiltà nelle valli fluviali, nei delta e nei laghi limitrofi, fu connesso, in origine, con i trasporti per via fluviale. Sotto lo stimolo di questa necessità, con un progresso quasi impercettibile, le prime canoe scavate, i galleggianti di canne legate e le zattere di bambù, sottoposte di continuo al banco di prova della pratica, si tramutarono in capaci *navi*, in grado di trasportare merci in grande quantità. I primi battelli erano spinti da rami e pagaie. In pari tempo, all'inizio della civiltà, si ebbe la decisiva invenzione della *vela*, che agevolò considerevolmente la navigazione e costituì la prima applicazione della *forza* inanimata alle necessità umane, il prototipo del mulino a vento e ad acqua, della macchina a vapore e dell'aeroplano.

La navigazione marittima pose nuovi problemi ai costruttori di scafi, poiché richiese strutture più sal-

de per le imbarcazioni; inoltre, e ciò ebbe grande importanza per lo sviluppo della scienza, pose l'esigenza di tenere la rotta, anche quando la terra non era più in vista. Il metodo più antico per conoscere la direzione fu quello degli uccelli, condotti sugli scafi e lasciati in libertà per ritrovare la via della terra, come nella leggenda dell'arca di Noè. Per ritrovare la rotta con le stelle bisogna avere un'idea della mappa. La *navigazione* con l'ausilio del sole e delle stelle fu dunque posteriore al calendario in quanto elemento propulsivo dell'astronomia pratica.

Assai importante per il progresso tecnico e scientifico fu lo sviluppo dei trasporti terrestri, fondati sull'associazione di due scoperte risolutive: l'energia animale e la ruota.

L'impiego di animali da trasporto forse avvenne, in origine, col basto. In seguito, il basto si trasformò nel *travois*, una sorta di sacco legato ai due estremi. La necessità di trasportare oggetti voluminosi e pesanti, tronchi d'albero per travi o grosse pietre per grandi edifici, si fece urgente con la nascita della città: la prima soluzione fu il traino a *slitta*, forse una semplice variante della leggera slitta usata dai cacciatori nelle foreste. I carichi pesanti potevano essere facilmente trascinati su slitte nelle zone collinose; ma in pianura era più pratico rotolarli su tronchi d'albero.

Il definitivo trapasso dalla slitta a rotolamento al *carro* ebbe luogo nella città; ma una volta inventato, il carro si diffuse rapidamente anche in campagna. L'invenzione consistette nel fissare un elemento rotante al corpo del carro, in modo che esso potesse girare senza fuoriuscire.

Nei primi carri mesopotamici l'asse girava con la

ruota ed era tenuto al suo posto da strisce di cuoio. Fu questo il primo sistema di *supporto*, benché la *porta a cardine* sia di poco posteriore. La fase successiva si ebbe quando furono allargate le estremità, in primo luogo con solide travi con cui fare *ruote*, e si escogitò un pezzo di cuoio e poi un cerchione di metallo per tenerle insieme. La ruota a raggi de carri da guerra, che ruotava liberamente intorno a un asse, venne solo molto più tardi, verso la fine dell'età del bronzo, poiché presupponeva l'accurato e specialistico lavoro del *carraio*.

Queste invenzioni ebbero grandi conseguenze materiali e scientifiche. Il carro e l'aratro consentirono che l'agricoltura si estendesse su tutte le pianure aperte e su un'area che superava di molto i confini delle civiltà precedenti. In pianura l'aratro e il carro elevarono la produttività del lavoro agricolo e permisero il trasporto di merci da altre zone. La leva e il piano inclinato, già impiegati per costruire i grandi templi e le piramidi, avevano posto le fondamenta della *meccanica*. Sulla ruota, da cui dovevano discendere le ruote ad acqua e la puleggia, si sarebbe costruito un nuovo edificio teorico che avrebbe coinvolto anche il cielo: i dodici raggi delle ruote sacre furono i mesi dell'anno, la ruota in movimento fu la croce del sole o svastica.

D'altro canto, le maggiori possibilità e l'aumentata velocità dei trasporti su carro e su nave, nonché il bisogno dell'uomo di porsi alla ricerca delle fonti di materie prime, diedero inizio alle esplorazioni, e quindi alla *geografia*.

L'invenzione e il perfezionamento di tutte queste nuove tecniche assicurarono alla conoscenza scientifica, nel momento in cui le necessità organizzative della nuova civiltà stavano per dar vita ai modi d'e-

sprimere e di trasmettere la cultura, un campo d'azione molto vasto.

Le vaste operazioni e l'ingente quantitativo di materie prime necessarie per costruire il tempio cittadino produssero il salto qualitativo che segna l'inizio della scienza razionale. I sacerdoti, non potendo più affidarsi alla sola memoria, furono costretti a prender nota delle *quantità* di merci ricevute. Si rese pertanto necessario l'uso di *misure* (cesti di grano, recipienti di birra, pezze di tessuto), che richiesero in seguito, per essere comparate tra loro una certa uniformità. Si adottò quindi un complesso di misure, che furono stabilite dal tempio e dal re su scala locale, ma che vennero poi coordinate fra diverse città. Forse in un secondo tempo, ma sempre molto presto, fu usata la misura del *peso*, che implicò la *bilancia* con incalcolabili conseguenze per la scienza. La bilancia, unico mezzo per mettere a confronto i pesi, ebbe tutto l'aspetto di un'invenzione *scientifica*, suo prototipo fu, probabilmente, il sistema dei cesti *bilanciati* su un asse da portare sulle spalle.

Ancor prima dell'unificazione delle misure fu necessario ricordare il *numero* degli oggetti, fossero capi di bestiame o cesti di grano, ricevuti o ceduti. A questo fine ci si giovò, in un primo tempo, di tacche incise su un bastone, poi di asticelle tracciate su una tavoletta o un pezzo di creta, infine di una più elaborata scritturazione numerica. Il simbolo numerico, quando si trattava di segnare qualcosa che non doveva essere dimenticato, fu accompagnato da un disegno o da un simbolo abbreviato dell'oggetto per indicare che cosa si voleva contare.

Per estensione, i simboli significarono più tardi, oltre agli oggetti, anche certe azioni e finirono per sostituire le parole, o mediante il loro significato, come

nel cinese, o mediante la combinazione di suono e significato, come nella scrittura cuneiforme mesopotamica o nei geroglifici egiziani. Così, la scrittura, una tra le più grandi invenzioni manuali-intellettuali dell'uomo, nacque gradualmente dal computo.

La *matematica*, o quanto meno l'*aritmetica*, nacque prima della scrittura. L'impiego dei segni al posto degli oggetti (come simboli semplici), permise l'esecuzione delle operazioni elementari di addizione e sottrazione, prescindendo dagli oggetti reali.

Fu messa dapprima a confronto una serie di oggetti con un'altra. Si ebbe anzitutto la serie tipo, le dieci dita delle mani, i *digiti* dell'aritmetica, l'origine del sistema *decimale*. Per calcoli più complicati, per l'addizione e per la sottrazione, furono usati dei sassolini (*calculi*). In seguito, i sassolini furono sostituiti da palline forate infilate a dieci a dieci in una cordicella: si ebbe così la prima macchina calcolatrice, l'*abaco*. Con la misurazione si poterono estendere l'addizione e la sottrazione alle quantità.

Le più complicate operazioni di moltiplicazione e divisione vennero in seguito, quando si dovette tener conto delle quantità divisibili, connesse soprattutto con i lavori pubblici: lo scavo di un canale, la costruzione di piramidi, ecc.

L'edilizia contribuì, forse ancor prima del rilevamento della crosta terrestre, a porre le fondamenta della *geometria*. In origine gli edifici furono semplici capanne di legno e canne. Nell'ambito ristretto di una città, minacciata di continuo dal fuoco, l'impasto di terra umida segnò un grande miglioramento rispetto alle canne. Il passo successivo doveva avere conseguenze ben più grandi: l'invenzione del blocco sagomato di fango secco, il mattone. Per essere so-

vrapposti i mattoni dovevano essere rettangolari e quindi il loro impiego fece nascere l'idea di *angolo retto*, e condusse all'impiego della *linea retta*, che fu in origine la linea tesa del cordaio o del tessitore. La pratica di costruire in mattoni gli edifici, soprattutto i grandi templi di forma piramidale, diede origine anche alle nozioni di *area* e di *volume*, di figure piane o solidi, misurabili con la lunghezza dei lati.

Sempre dall'edilizia derivò la pratica della *pianta in scala*. Con questi metodi matematici l'amministratore poteva fare il preventivo per un edificio di mattoni o di pietra, precisando il numero degli operai, i quantitativi delle materie prime e derrate alimentari necessarie, la durata del lavoro.

Queste tecniche si estesero rapidamente dalla città alla campagna per il calcolo dell'area dei campi e per la stima dei prodotti ai fini del calcolo del reddito. Fu questa l'origine della *planimetria* e del *rilevamento*. Da questi usi pratici scaturì il termine di geometria, che significa misura della terra. La matematica sorse invece come metodo ausiliario, reso necessario e possibile dalla vita cittadina.

Il calendario fu suggerito al primitivo dalla luna, con la quale furono connessi molti miti e riti. Esso, almeno in un primo tempo, non implicò calcoli matematici o astronomici. Con l'avvento della civiltà agricola l'anno diventò più importante del mese. Quando le operazioni agricole cominciarono a svolgersi in una prospettiva cronologica più ampia, fu necessario prepararsi ad esse con tempestività. Era facile avere dalla natura indicazioni precise. La prima derivò dal comportamento degli uccelli durante le stagioni. L'attento osservatore della natura disponeva di un ottimo calendario, anche se non calcolava i giorni.

Tuttavia, nella valle del Nilo, le piene erano un fenomeno annuale, ricorrente con regolarità a cui bisognava prepararsi in anticipo. L'esatta lunghezza dell'anno (365,2422... giorni) non fu facile a determinarsi. Solo le attente e prolungate osservazioni del sole e delle stelle, eseguite dai sacerdoti egiziani fin dal 2700 a.C., condussero alla compilazione di un calendario solare, poi usato per migliaia di anni.

I Sumeri e i loro successori in Mesopotamia erano troppo legati alla luna per accettare una soluzione così semplice, affrontarono quindi le difficoltà di conciliare il calendario solare con quello lunare. Bisognava tener conto pertanto di osservazioni raccolte da varie generazioni ed eseguire calcoli molto precisi. Nacque così il sistema sessagesimale: 360° in un cerchio (quasi quanti i giorni di un anno); 60' in un'ora; 60" in un minuto primo. Il computo del calendario fu effettuato per mezzo di *tavole matematiche*, elaborazione di quelle usate nelle relazioni d'affari.

Nella medicina i successi effettivi furono più scarsi, a causa della complessità dell'organismo vivente. La funzione attiva di un medico era a quel tempo quasi nulla, se si eccettuano l'osservazione e la cura delle ferite, fratture e slogature semplici, lo sforzo per impedire che il paziente si suicidasse, l'attenzione nel non prescrivere una cura o una dieta sbagliata. Dove il medico poteva avere un successo più rilevante era il campo diagnostico: egli infatti disponeva, in città, di un numero adeguato di casi da confrontare. Questi confronti, sviluppati dalla discussione e codificati dalla tradizione, furono di per sé l'inizio della scienza. I medici ebbero così, prima della scrittura, una propria tradizione orale, trasmessa in origine in gruppi chiusi. Dall'analisi delle malattie e dalla loro registrazione derivarono l'*anatomia*

e la *fisiologia*. La prognosi, ossia la conoscenza dell'eventuale decorso di una malattia, ebbe all'inizio molta importanza perché le leggi chiamavano in giudizio i medici a cui fossero imputabili errori e li condannavano a pene varie.

La medicina ufficiale canonizzò la conoscenza delle piante e delle sostanze minerali, tramandate dai medici e dalle fattucchiere delle civiltà primitive.

La chimica non diventò una scienza durante tutta l'età del bronzo, ma solo verso la fine dell'età del ferro; pure le sue fondamenta erano state poste per mezzo delle varie osservazioni ed esperienze legate alla lavorazione dei metalli, all'oreficeria e alla ceramica. I processi di fusione dei minerali, di purificazione, colorazione e smaltatura dei metalli implicavano una serie di reazioni chimiche, che potevano apprendersi dopo molti tentativi, in gran parte mancati. I risultati ottenuti vennero sanciti in ricette, che bisognava custodire con cura e applicare scrupolosamente.

L'uomo primitivo conosceva almeno nove elementi chimici: l'oro, l'argento, il rame, lo stagno, il piombo, il mercurio, il ferro, lo zolfo e il carbonio. Egli impiegò inoltre i composti di altri elementi: lo zinco, l' antimonio, l'arsenico; e conobbe numerosi reagenti, solidi e liquidi, fra cui alcuni alcali, quali la potassa, l'ammoniaca (come orina fermentata) e l'alcool della birra e del vino.

Gli utensili del chimico primitivo furono semplici vasi di terracotta e metallici, egli non disponeva ancora di alambicchi e non poteva quindi manipolare gli spiriti e i gas.

La scarsezza e il valore dei metalli costituì un potente incentivo a orientare i metodi di lavoro del chi-

mico verso una scienza razionale e quantitativa. Dapprima metalli preziosi dovettero esser pesati e misurati; fu inoltre necessario ricordare le dosi usate nei composti. L'*analisi chimica*, che presupponeva la separazione dei metalli contenuti nei minerali, derivò dalla necessità di recuperare i metalli più pregiati e di difendersi dalle alterazioni. Fu questo un passo decisivo nella storia della chimica, che dovette risalire, anche se non conosciamo la data esatta, all'uso di oggetti d'oro raffinato in sostituzione dell'electron, composto naturale di oro e argento. Fonti posteriori ci informano sui procedimenti impiegati: per separare l'argento dall'oro si usava l'antimonio, e per separare il piombo dall'argento la coppellazione.

L'odierna mancanza di scritti sulle antiche teorie chimiche non può escluderne del tutto l'esistenza. Anche se i chimici primitivi non diedero un'espressione formale alle loro cognizioni, tuttavia i loro risultati attestano una certa familiarità con i principi generali dell'ossidazione e della riduzione, dell'aggiunta e sottrazione di elementi non metallici, come zolfo e cloro. Questi chimici fabbricarono soprattutto ornamenti e quindi conobbero a fondo i metodi di colorazione. Ma, poiché l'essenziale era l'aspetto esterno, da questo essi valutarono i propri risultati: nel tentativo di imitare l'oro col rame produssero l'*ottone*; nel tentativo di imitare il turchese e il lapislazzulo produssero un impasto vetroso, da cui derivò più tardi il *vetro*.

Nel loro insieme, le civiltà antiche seppero realizzare e consolidare un gigantesco progresso tecnico e ideale. L'alto livello tecnico a cui quelle civiltà pervennero è attestato dal fatto che l'umanità si avvale tuttora di cose e oggetti scoperti in quell'età e sottoposti, nel corso di cinquemila anni, solo a qualche

lieve ritocco. Le sedie e i tavoli sono gli stessi da quando i primi falegnami egiziani scoprirono il modo di connettere il legno. Le poltrone di vimini, con le zampe a piedino, risalgono più o meno al 2500 a.C. Inoltre, abitiamo le stesse camere con pareti e soffitto, di pietra, mattoni e intonaco; consumiamo i cibi negli stessi piatti; indossiamo indumenti dello stesso tipo di tessuto.

Il retaggio che la civiltà primitiva lasciò ai posteri fu senza dubbio assai prezioso e valido, certo più importante di quel che le indagini archeologiche possono oggi attestare. Benché le fonti della cultura primitiva siano forse smarrite, tuttavia molti loro elementi validi vennero assimilati in modo inconsapevole. Quando quella cultura e quella pratica erano ancora vive potevano essere apprese e tramandate con la tradizione orale e con l'esempio. Ma solo una parte di esse poté essere assimilata dalle nuove civiltà, che avevano una struttura economica e sociale diversa. L'immenso patrimonio storico, poetico e letterario, accumulato in quel periodo, andò in gran parte smarrito insieme con i geroglifici e con la scrittura cuneiforme. Quel poco che ne è rimasto nella Bibbia vale ad attestare il grado di cultura raggiunto. La stessa dottrina dei sacerdoti scomparve. Le tecniche si conservarono meglio: e noi possediamo tuttora gli oggetti e gli strumenti della vita materiale di quel tempo.

La scienza e le tecniche dell'età del ferro, e persino dei greci, attinsero in modo ampio e spesso inconsapevole alla scienza e alle tecniche del mondo antico. La prova concreta si trova nelle tecniche seguite nella costruzione di oggetti materiali. Molte idee e scoperte sono state attribuite a filosofi greci solo perché furono i primi a esprimerle o comunque a soste-

nerle, ma ulteriori indagini hanno rivelato che l'origine di queste idee e scoperte andava ricercata in Egitto o in Mesopotamia.

Gli eredi della civiltà antica, gli uomini dell'età del ferro, non nutrivano dubbi sulla grandezza e sulla magnificenza degli imperi che avevano contribuito a distruggere. Un eco della vita di quel tempo è rintracciabile nell'*Iliade* e nell'*Odissea*. I poeti contrapposero alla loro dura esistenza e alla cultura del loro tempo la magnificenza, lo sfarzo, la bellezza e soprattutto la pace che regnavano nelle antiche civiltà. Essi resero onore alla sapienza degli antichi e guardarono al passato come all'età dell'oro.

Le civiltà preelleniche

Prima del grande rivolgimento che doveva avvenire nel secolo XII a.C. nel Medio Oriente e sulle rive del Mediterraneo orientale, numerose civiltà si erano venute sviluppando in quelle zone. Alcune di queste, fatta eccezione per qualche monumento in rovina più o meno profondamente sepolto, e per uno scarso numero di oggetti il cui stato di conservazione è ovviamente molto lacunoso, non ci hanno lasciato che ben poche vestigia. Tale in particolare il caso dell'impero ittita, di cui si ignorava tutto prima degli scavi abbastanza fruttuosi iniziati solo di recente, e della civiltà egea, sulla quale si è oggi in possesso di dati più numerosi ma sempre troppo lacunosi per offrire un quadro complessivo del suo contributo al progresso scientifico.

Queste due civiltà scompaiono contemporaneamente nel secolo XII a.C., quando l'Egitto, venendo meno al suo ruolo di potenza internazionale, vede a mano a mano scemare l'originalità del proprio patrimonio scientifico. Ma fino ad allora, e da più di un millennio, coesisteva con la civiltà egiziana e con quella egea e ittita, la civiltà mesopotamica, inaugurata, storicamente almeno, nel 3000 a.C. dai Sumeri e poi dai Semiti, nel 2800 a.C. circa. Sola fra tutte le grandi civiltà più antiche, questa, dopo il secolo XII a.C. continuerà a progredire con varia fortuna grazie agli Assiri.

Mentre la fioritura della scienza assiro-babilonese si protrae – non senza qualche infiltrazio-

ne straniera – fino ad un'età a noi più prossima, la scienza egiziana invece, se ci atteniamo ai soli documenti degni di fede, è più remota nel tempo. In verità, recenti scavi hanno rivelato l'esistenza in Mesopotamia, come in Iran, di civiltà del IV millennio a.C., ma niente fa supporre cognizioni tanto elaborate come quelle che permisero l'istituzione del calendario egiziano, che, secondo una puntuale analisi di data recente e secondo altre indicazioni, alcune delle quali di natura astronomica, sembra sia stato costituito con punto di partenza la data del 4228 a.C.

Nel periodo che va dal secolo XII a.C. alla prima fioritura della scienza greca propriamente detta, molte altre civiltà possono essere menzionate. Dal secolo XII all'VIII a.C. si sviluppò la civiltà fenicia, ma troppo scarsi sono i dati che ci danno un'idea del suo livello scientifico.

Ben più ricca è la documentazione sulla civiltà ebraica, ma così scarsa dal punto di vista scientifico da rivelare una netta inferiorità rispetto alle più antiche civiltà.

Per quanto riguarda la civiltà greca del periodo cosiddetto omerico (secolo IX e VIII a.C.) benché interessante per vari aspetti, essa ancora non presenta una scienza così elaborata da richiedere un esame particolare.

La scienza egiziana

Accanto alla costruzione di imbarcazioni, alla tessitura e alla confezione dei papiri, le manifatture più fiorenti tra gli Egiziani furono quelle dei metalli, dell'oro in particolare, su cui esisteva una tecnica ben avviata fin dai tempi più remoti. Anche l'edilizia si era ampliamente sviluppata, come attestano i monumenti ancora esistenti.

Alcuni dei papiri conservatici non suggeriscono una elevata idea delle pratiche mediche correnti nei periodi più antichi. Ma quello detto di Edwin Smith, che risale al periodo degli Hyksos (metà del secolo XVII a.C.), è particolarmente interessante. Esso si compone di tre parti, le cui ultime due comprendono prescrizioni di carattere magico. La prima invece, che comporta un esame del corpo umano dalla testa ai piedi, mostra chiaramente con quanta scrupolosità i medici egiziani di allora sapessero ricorrere alla osservazione. Infatti le 48 osservazioni riportate seguono un ordine metodico, con menzione della ferita o malattia, esame medico seguito da diagnosi, poi da prognosi e infine cura e chiarimenti complementari.

I molti farmaci a cui alludono i papiri medici attestano del buon livello raggiunto dalle conoscenze farmaceutiche nell'antico Egitto. Altrettanto si dica per le cognizioni chimiche, la cui diffusione è ampiamente testimoniata dall'importanza della tecnica dei metalli e dal fatto che l'alchimia troverà in seguito parecchi fattori favorevoli al suo sviluppo in Egitto. Ma tutte queste conoscenze erano subordinate alle applicazioni pratiche, in vista delle quali venivano coltivate.

Un analogo carattere pratico si manifesta anche in quei campi, che nello sviluppo del pensiero scientifico, si renderanno prima degli altri indipendenti dalle preoccupazioni di ordine pratico. Ciò vale in particolare per la geometria, considerata dagli Egiziani più alla stregua di una tecnica che non come un complesso teorico. Applicata soprattutto in funzione dell'agrimensura e della costruzione di edifici, essa si limita a misurazioni ricavate empiricamente e non tramite vere dimostrazioni. Per esempio, si conosceva la proprietà per un triangolo di lati 3, 4, 5 d'avere co-

me angolo opposto al lato di lunghezza 5 un angolo retto, ma questa nozione, appresa empiricamente, serviva solo alla costruzione della squadra. Gli Egiziani sapevano in pratica calcolare la superficie di alcune figure (triangoli, quadrilateri, ecc.), inoltre applicavano per il cerchio o semplicemente il valore 3 oppure, con maggiore esattezza un valore, assai prossimo al nostro, di $(16/9)^2 = 3{,}1604$. Sapevano determinare il volume di alcuni solidi.

Per la matematica in generale, abbiamo diversi papiri, il più importante dei quali, detto Rhind, compilato da uno scriba di nome Ahmes nel 1660 a.C. circa, riproduce, a detta dell'autore, un documento che risale alla XII dinastia (secolo XIX a.C.). Esso comprende 84 problemi che ci informano su alcuni procedimenti di calcolo correnti in Egitto in età tanto antiche. Il sistema numerico era decadico (con segni speciali per le potenze del 10 fino alla settima).

Gli Egiziani sapevano esprimere le frazioni, ma, poiché adoperavano solo quelle a numeratore 1 (ad eccezione di 2/3) erano costretti a ridurre eventualmente le altre alla somma di più frazioni di questo tipo. A questo fine era stata ideata la tabella di 2/n conservataci nel papiro Rhind. Pertanto gli Egiziani giunsero ad effettuare un buon numero di operazioni aritmetiche e anche probabilmente a risolvere equazioni algebriche relativamente semplici.

Gli Egiziani fecero parecchie osservazioni sui movimenti del sole, della luna e dei pianeti ma non pervennero ad instaurare un vero sistema astronomico, anche primitivo. Riuscirono invece, come abbiamo già detto, a stabilire ben presto un calendario.

Gli Egiziani non adottarono l'anno tropico, basato sull'intervallo di tempo che divide i due passaggi successivi del sole all'equinozio di primavera. Essi

consideravano l'anno sotiaco scandito dal periodico ritorno del sorgere eliaco (coincidente con quello solare) di Soti (o Sirio). Il loro calendario comportava un anno cosiddetto vago perché si discostava dall'anno tropico. Tale anno contava 12 mesi di trenta giorni ciascuno, cioè 360 giorni, con l'addizione di 5 giorni per evitare una troppo accentuata differenza rispetto all'anno tropico. Con questa correzione la coincidenza era di 1461 anni vaghi per 1460 anni tropici.

È arduo identificare le costellazioni (duani) impiegate dagli Egiziani per riconoscere i mesi. Probabilmente tali costellazioni dovevano trovarsi grosso modo nei pressi del piano equatoriale. Tuttavia, dei quattro punti specifici da essi individuati nel cerchio dei duani, due dovevano essere situate nel punto d'incontro del cerchio dell'equatore con quello dell'eclittica, o più esattamente dello zodiaco. Ciò significa che almeno a partire da un'epoca, gli Egiziani furono a conoscenza dello zodiaco.

La scienza assiro-babilonese

Come per gli Egiziani, assistiamo anche qui alla progressiva messa a punto di vari procedimenti tecnici di pratica utilizzazione. Accanto alle manifatture particolarmente fiorenti della ceramica e della tessitura, si era venuta sviluppando una ragguardevole architettura, di cui ci restano imponenti testimonianze nelle numerose rovine scoperte di recente.

A partire dal terzo millennio, in Mesopotamia si erano ottenuti procedimenti piuttosto ingegnosi nella ceramica e oreficeria. Se il vero bronzo (rame e stagno) si trova diffuso solo verso la metà del secondo millennio, già un millennio prima si conosceva una lega di rame e di piombo. Inoltre alcune tavolette di

recente decifrazione hanno rivelato ricette tecniche di natura chimica.

D'altra parte i Babilonesi, non diversamente dagli Egiziani, avevano acquisito una certa abilità nella confezione di farmaci, il che permetteva loro di curare i malati in modo almeno rudimentale. Non meno interessante si rivela l'impiego di numerose piante nella preparazione dei farmaci e conseguentemente la presenza di alcune nozioni botaniche. C'è da dire però che la medicina babilonese, allo stato attuale delle indicazioni in proposito in nostro possesso, sembra, più che prescrivere farmaci precisi, far sovente appello a incantesimi e a pratiche magiche.

Circa le cognizioni matematiche, è noto che i Babilonesi usavano un sistema di numerazione sessagesimale. Tale sistema si trova però sempre congiunto, anche nei documenti più antichi ad un sistema decimale correntemente impiegato soprattutto dagli Accadi, ma probabilmente sviluppato dai Sumeri, inizialmente il solo in uso tra loro. Esso si presentava nella seguente forma: fino a 59 i numeri a partire dall'uno venivano indicati per mezzo di due segni, uno designante l'unità, l'altro la decina. Col 60 faceva la sua comparsa un'unità superiore, che veniva espressa facendo precedere il segno delle decine da quello impiegato per l'unità, e così di seguito fino a 600. Questo numero era indicato con lo stesso segno delle decine posto avanti all'espressione 60. Quando si giungeva al quadrato di 60 (cioè 3600) compariva un'unità superiore indicata, al solito, dal segno dell'unità; poi con dieci di queste unità superiori, se ne otteneva una nuova indicata con lo stesso procedimento usato per le unità precedenti, e così via di seguito. Il cubo di 60 (cioè 216.000) costituiva una nuova unità superiore, ecc. Per i Babilonesi la suc-

cessione dei segni aveva sia un senso addizionale che uno moltiplicativo.

Per quanto riguarda le frazioni, benché i Sumeri disponessero di una forma particolare di diverso significato, l'uso di dividere l'unità in sei parti e in sessanta (con un segno specifico poi caduto in disuso) prevalse a lungo. Probabilmente, all'incirca all'inizio della prima dinastia babilonese, si venne affermando un ingegnoso sistema che impiegava, sia per i numeri frazionari sia per quelli interi, solo due elementi grafici per cui, per gli ultimi, si è detto sopra. Ne conseguì una equiparazione delle operazioni, quali che fossero i numeri impiegati, e una opportuna semplificazione del calcolo.

I Babilonesi svilupparono procedimenti matematici relativamente semplici capaci non solo di effettuare diverse operazioni aritmetiche ma di risolvere anche problemi algebrici di primo e di secondo grado.

L'astronomia rappresenta il maggiore contributo della scienza babilonese. Il raggruppamento delle stelle in costellazioni è già presente tra i Babilonesi dai tempi più remoti. Grazie a tavolette risalenti al massimo all'epoca dei Sargonidi, sappiamo che la "via di Anu" (una larga fascia comprendente il nostro equatore) contava diciassette costellazioni, mentre ventitre ne aveva la "via d'Enlil" (zona boreale) e dodici la "via di Ea" (zona australe). Queste costellazioni, classificate secondo la loro levata eliaca, servivano a regolare il calendario.

Infatti il calendario sumero-babilonese, originariamente lunare, era divenuto, nel terzo millennio circa, lunisolare, con un anno di dodici mesi. Ma per accordare quest'ultimo (di 354 giorni) con l'anno tropico era necessario, ogni tre anni circa, aggiungere

un mese, esattamente determinato di volta in volta tramite l'osservazione del sorgere eliaco di determinate stelle. Anche se indipendenti dall'anno tropico, queste levate potevano, nei tempi più remoti e per una lunga sequela di anni, costituire un criterio di base. Ma quando molte di queste levate cadevano fuori dei mesi corrispondenti, si riconosceva la necessità di aggiungere un mese. Da quanto detto in breve, si vede quale imprecisione caratterizzasse il calendario, almeno fino alla cosiddetta era di Nabonassar (747 a.C.), quando cioè vennero adottate regole più precise. Tuttavia solo a partire dal 533 a.C. fu scoperto un rigoroso metodo d'intercalazione corrispondente al ciclo ottateride greco.

A partire dal secondo millennio, le costellazioni formanti la fascia dello zodiaco sono già indicate, ma solo dopo la distruzione di Ninive (612 a.C.) i Babilonesi riuscirono a comprendere la forma geometrica del cerchio zodiacale, diviso in 360° e suddiviso in dodici segni di pari ampiezza. Tardiva è invece, tra i Babilonesi, la conoscenza della determinazione dei punti di intersezione dell'eclittica con l'equatore (equinozi) e il calcolo degli spostamenti di tali due punti (precessione degli equinozi).

Al tempo dei Sargonidi (secoli VIII e VII a.C.) sembra che i Babilonesi riuscissero a prevedere con una certa esattezza le eclissi lunari, ma poco sappiamo del metodo da essi impiegato al riguardo.

Per quanto riguarda i pianeti, solo dopo la distruzione di Ninive o tutt'al più a partire dall'era di Nabonassar, possiamo parlare di una conoscenza più precisa dei loro movimenti. Tuttavia, già anticamente, essi erano stati oggetto di accurate osservazioni, nella convinzione che le posizioni di questi astri rivestissero una grande importanza nelle previsioni

astrologiche. Perché tale è di fatto la caratteristica fondamentale dell'astronomia babilonese, quella cioè di essere strettamente legata, in origine e per tutto il suo sviluppo, all'astrologia.

APPENDICE

Per rappresentare i numeri gli Egiziani usavano i seguenti segni:

per le unità

per le decine

per le centinaia

per le migliaia

per le decine di migliaia

per le centinaia di migliaia

per il milione

Esempio: è il numero 1.132.423.

I Babilonesi usavano un sistema sessagesimale e due soli simboli grafici:

che nella scrittura può stare per 1, 60, 3.600, 216.000, ecc.;

che nella scrittura può stare per 10, 600, 36.000, ecc.

Esempio:

è il numero 1.915 cioè 31 · 60 + 55.

Bibliografia

John D. Bernal, *Storia della scienza*, Editori Riuniti, Roma 1969.

Giustino Boson, *Assiriologia*, Cisalpino-Goliardica, Milano 1976.

Maurice Daumas, *Storia della scienza*, Laterza, 1976.

Giulio Farina, *Grammatica della lingua egiziana antica*, Cisalpino -Goliardica, Milano 1977.

Nota

Il testo dell'opuscolo è stato usato come dispensa dell'insegnamento di cultura scientifica presso il Centro di Formazione professionale Enaip "Giovanni XXIII" di Milano nella seconda metà degli anni '70.

COLLANA *"La Biblioteca di Atlantide"*

Collana di letteratura grigia: scienze matematiche, fisiche e naturali, informatica e telematica, linguaggi, arte e letteratura, storia e filosofia, varia umanità.

Opuscoli pubblicati:

Sergio Fumich, *Numerazione e codici. Appunti di matematica applicata al calcolatore.*

Sergio Fumich, *I numeri naturali. Appunti di matematica elementare dal punto di vista superiore.*

Sergio Fumich, *Logica e μProcessori. Note ad uso didattico con i primi rudimenti dell'algebra di Boole.*

Ca' "La Gatera"

Edizione fuori commercio
Finito di stampare a Brembio (LO) con tecniche elettroniche nel marzo 2006
Di questo opuscolo sono stati tirati 200 esemplari.